

## Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam Penentududukan

Abd. Majid A. Kadir, *PhD*  
Tan Say Kee, *BSurv(Hons)*

Center for Geodetic and Geodynamics Studies  
Fakulti Ukur dan Harta Tanah Universiti  
teknologi Malaysia

### Abstrak

Kertas kerja ini melapurkan satu kajian bertujuan untuk meneliti kejituan teknik kinematik GPS dan mengenalpastikan prosidur pengukuran, spesifikasi-spesifikasi serta kegunaan kinematik GPS. Di dalam kajian ini, beberapa analisa telah dilakukan diantaranya: (1) membandingkan basil koordinat mendatar (x,y) cerapan kinematik GPS dengan basil cerapan kaedah konvensional; (2) membandingkan nilai ketepatan kedudukan yang diperolehi melalui teknik pengukuran kinematik yang berbeza; dan 3) penentuan ketinggian ortometrik menggunakan kaedah kinematik GPS. Hasil yang didapati menunjukkan ketepatan yang dicapai oleh pengukuran kinematik GPS adalah dalam lingkungan 2-3 cm bagi kordinat mendatar dan beberapa cm bagi ketinggian ortometrik. Bagi satu kawasan kerja yang agak lapang, kaedah kinematik GPS adalah satu kaedah yang sangat efisien dan menjimatkan masa untuk digunakan dalam kerja-kerja ukur yang hanya memerlukan ketepatan dalam lingkungan sentimeter.

### 1.0 PENGENALAN

Kaedah kinematik merupakan salah satu kaedah penentududukan GPS yang terkini. Kaedah ini pertama kali dicadangkan oleh Remondi pada 1985 (Remondi, 1985). Penjelasan secara terperinci berhubung dengan GPS dan teknik-teknik pengukuran GPS boleh diperolehi dari Wellenhof et. al. (1992). Walaupun sejarah perkembangan kaedah kinematik GPS hanyalah menjangkau 10 tahun, namun daripada kajian Remondi itu (Remondi, 1985) hasilnya menunjukkan bahawa kaedah kinematik GPS yang menggunakan pengukuran fasa pembawa dapat memberikan ketepatan kedudukan dalam lingkungan sentimeter. Kaedah yang sama juga telah dikaji oleh beberapa penyelidik lain seperti Goad (1988), Tan and Jericho (1991), Lapine (1990), Goh (1992) dan Wilkie (1993).

Keistimewaan yang nyata sekali pada kaedah kinematik jika dibandingkan dengan kaedah pengukuran statik GPS adalah dari segi tempoh cerapan yang diperlukan. Kaedah kinematik hanya memerlukan tempoh cerapan dari 1 hingga 3 minit sahaja untuk memperolehi kejituan dalam lingkungan sentimeter, manakala kaedah statik relatif memerlukan tempoh cerapan dari 1 hingga 3 jam untuk memperolehi kejituan 1 sentimeter +/- 5 ppm. (Wells, et. al., 1987). Kewujudan perbezaan tempoh cerapan antara kedua kaedah ini adalah disebabkan kaedah statik memerlukan masa yang lebih lama untuk menyelesaikan perhitungan untuk nilai awalan integer ambiguiti (initial integer ambiguity) manakala untuk kaedah kinematik nilai integer ambiguiti ditentukan melalui proses 'initialization' kinematik sebelum pengukuran penentududukan dimulakan; dan ini memerlukan masa yang singkat sahaja. Sekurang-kurang dua penerima diperlukan; satu didirisiapkan di stesen tetap sebagai 'base' dan satu lagi dijadikan 'rover' untuk dibawa melawat ke stesen-stesen di mana penentududukan dijalankan. Masalah utama yang dihadapi oleh kaedah ini adalah gelincir kitar (cycle slip) di mana masalah ini akan menyebabkan kegagalan pengukuran kinematik. Sekiranya berlaku gelincir kitar, kaedah 'reinitialization' perlu dilakukan.

Perkembangan baru dalam peralatan dan perisian GPS telah dapat mengurangkan masalah gelincir kitar dalam kaedah kinematik GPS. Sebagai contoh, alat penerima generasi baru Ashtech Z-12 dan

perisian PNAV telah dapat mengatasi masalah gelincir kitar melalui kaedah pemprosesan data 'on the fly' dan konsep penapisan Kalman untuk menentukan integer ambiguity. Memandangkan alat penerima GPS generasi baru dapat mencerap data kod C/A, fasa pembawa L1/ L2, dan kod P, ini telah membolehkan kaedah kinematik dilakukan tanpa melakukan proses 'initialization'. Walau bagaimanapun, dalam kajian ini alat penerima GPS yang digunakan berupaya mencerap hanya kod C/A dan fasa pembawa L1/L2 sahaja, tanpa kod P.

Kaedah kinematik GPS telah dapat digunakan dalam pelbagai bidang umpamanya, navigasi untuk pelayaran dan penerbangan, pengukuran graviti, pengukuran hidrografi, pengukuran seismik dalam tiga dimensi, penentuan kedudukan objek marin, pemetaan topografi, penjejakan kenderaan dan lain-lain lagi.

Kajian yang dilaporkan di dalam kertas ini boleh dianggap sebagai satu kajian yang cuba menjawab tiga persoalan pokok dalam penggunaan kaedah kinematik GPS diMalaysia: (i) adakah kaedah kinematik GPS ini sesuai diaplikasikan di negara kita?; (ii) adakah kaedah kinematik GPS dapat memberikan kejituan penentuan kedudukan yang lebih baik atau pun setanding dengan kaedah konvensional?; dan (iii) adakah kaedah kinematik dapat memberikan kejituan yang setanding dengan kaedah statik GPS? Untuk menjawab persoalan-persoalan diatas, sebanyak tiga ujian padang telah dilaksanakan dan keputusan hasil cerapan ketiga-tiga ujian padang tersebut dianalisis dan diberikan ulasan. Ketiga-tiga ujian padang adalah seperti berikut:

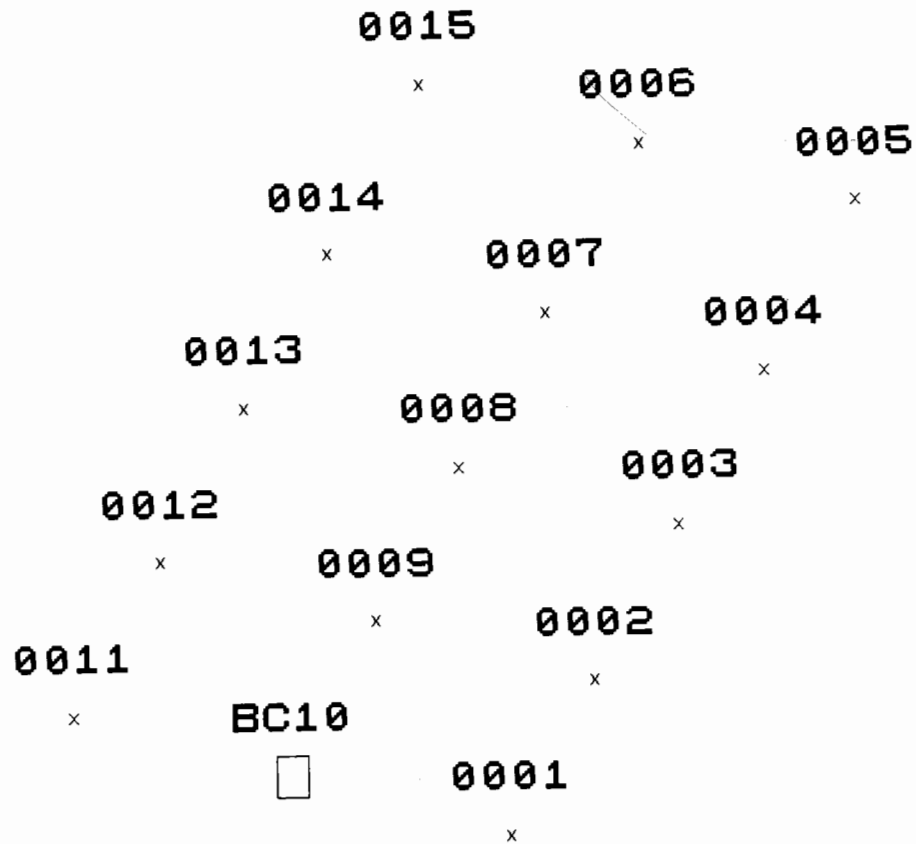
- a) Ujian padang fasa I menggunakan teknik pengukuran satu stesen tetap.
- b) Ujian padang fasa II menggunakan teknik pengukuran dua stesen tetap.
- c) Ujian padang fasa III menjalankan pengukuran pemetaan 'Digital Terrain Model' (DTM).

Ujian padang fasa I dan II adalah bertujuan untuk mendapatkan keputusan analisis kejituan pengukuran yang diberikan oleh kaedah kinematik dengan teknik pengukuran yang berbeza. Ujian padang fasa III pula adalah bertujuan untuk menggunakan kaedah kinematik dalam kerja pemetaan DTM. Ujian padang fasa I dibincangkan dalam seksyen DUA, ujian padang fasa II pula dibincangkan dalam seksyen TIGA, manakala ujian padang fasa III dibincangkan dalam seksyen EMPAT. Akhirnya, kesimpulan dirumuskan dan beberapa cadangan terhadap kajian lanjutan untuk masa yang akan datang juga akan dikemukakan dalam seksyen LIMA.

## 2.0 UJIAN PADANG FASA I

Dalam ujian padang fasa I ini, sebanyak 14 pilar yang terletak di Balai Cerapan UTM, Skudai telah ditentukan dengan kaedah kinematik GPS. Satu plotan kedudukan setiap pilar di Balai Cerapan UTM ditunjukkan di Rajah 1. Dua penerima Ashtech jenis dual frekuensi digunakan; satu didirisiapkan di pilar BC10 sebagai 'base' dan satu lagi dijadikan 'rover' untuk melawat ke pilar-pilar lain. Proses 'initialization' dengan kaedah saling tukar antena (antenna swap) dijalankan di atas pilar BC10 dan pilar 1. Data pengukuran fasa pembawa L1 direkodkan dan sebanyak 12 epok dengan sela epok 10 saat dilakukan ke atas setiap pilar. Sela masa 2 minit digunakan untuk setiap pencerapan pilar. Enam buah satelit dijejakkan dan nilai GDOP adalah kurang daripada 3. Pengukuran kinematik diakhiri dengan menduduki semula ke pilar 1 dan melakukan sekali lagi proses 'initialization' dengan kaedah saling tukar antena. Pemprosesan data dijalankan dengan perisian Ashtech GPPS. Nilai koordinat stesen tetap BC10 didalam sistem WGS84 dianggap diketahui semasa pemprosesan kinematik. Koordinat pilar-pilar yang diperolehi daripada pemprosesan dilakukan transformasi koordinat dari koordinat WGS84 ke koordinat MRT kemudiannya ke koordinat RSO dan akhirnya ke koordinat Cassini Soldner. Pengukuran terestrial secara radiasi dengan alat Geodimeter 400 dilakukan ke atas pilar-pilar tersebut daripada pilar BC 10. Jadual 1 menunjukkan koordinat Cassini Soldner setiap pilar yang ditentukan melalui kaedah terestrial dan kinematik GPS.

Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam Penentududukan



Rajah 1 : Gambaran Kedudukan Pilar-pilar Balai Cerapan UTM

PILAR	KAEDAH TERESTRIAL		KAEDAH KINEMATIK		SELISIH KOORDINAT	
	U(+)/ S(-) (meter)	T(+)/ B(-) (meter)	U(+)/ S(-) (meter)	T(+)/ B(-) (meter)	(cm)	(cm)
BC10			-52267.144	9301.223		
1	-52268.198	9303.874	-52268.211	9303.907	-1.3	-3.3
2	-52265.536	9304.940	-52265.529	9304.977	0.7	-3.6
3	-52262.849	9306.012	-52262.831	9306.050	1.8	-3.8
4	-52260.167	9307.093	-52260.147	9307.132	2.0	-3.9
5	-52257.196	9308.255	-52257.177	9308.293	1.9	-3.8
6	-52256.127	9305.597	-52256.102	9305.626	2.5	-2.9
7	-52259.111	9304.407	-52259.079	9304.435	3.2	-2.8
8	-52261.797	9303.324	-52261.766	9303.346	3.2	-2.2
9	-52264.486	9302.270	-52264.450	9302.289	3.6	-1.9
11	-52266.074	9298.556	-52266.058	9298.524	1.6	3.2
12	-52263.407	9299.622	-52263.375	9299.611	3.1	1.1
13	-52260.719	9300.681	-52260.693	9300.683	2.6	-0.2
14	-52258.040	9301.740	-52258.004	9301.750	3.6	-1.0
15	-52255.064	9302.908	-52255.033	9302.929	3.2	-2.1

NILAI MAKSIMA	3.6	3.9
NILAI MINIMA	0.7	0.2
NILAI RMS	2.6	2.8

Jadual 1 : Hasil Perbandingan Cerapan Terrestrial dengan Cerapan Kinematik  
Ujian Padang Fasa I

### 2.1 Analisis dan Ulasan Ujian Padang Fasa I

Berdasarkan pada hasil perbandingan yang ditunjukkan dalam Jadual 1 dapat dikatakan di sini bahawa ketepatan yang diberikan oleh kaedah kinematik (teknik satu stesen tetap) berbanding dengan kaedah terrestrial adalah dalam lingkungan sentimeter. Nilai maksimanya adalah 3.6 cm dalam arah Utara-Selatan (U-S) dan 3.9 cm dalam arah Timur-Barat (T-B) serta nilai minimanya adalah 0.7 cm dalam arah U-S dan 0.2 cm dalam arah T-B. Nilai rms (root-mean-square) yang diberikan dalam arah U-S adalah 2.6 cm dan 2.8 cm untuk arah T-B. Pada peringkat ini dapat disimpulkan bahawa kaedah kinematik GPS dapat memberikan ketepatan kedudukan dalam lingkungan sentimeter dengan cerapan hanya 2 minit setiap stesen.

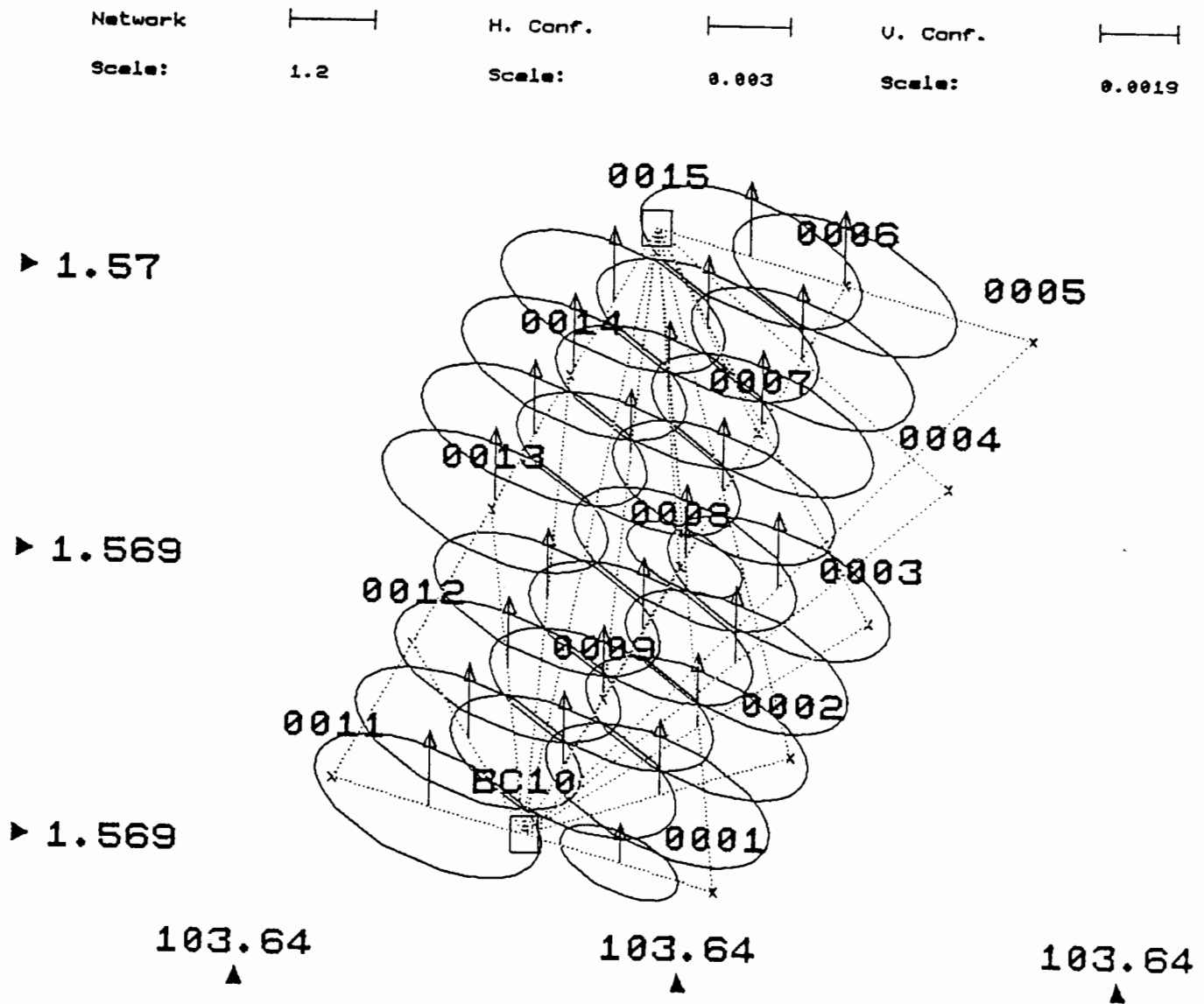
### 3.0 UJIAN PADANG FASA II

Dalam ujian padang fasa II ini, pilar-pilar yang terletak di Balai Cerapan UTM, Skudai sekali lagi telah digunakan. Pilar BC10 pilar 15 dijadikan stesen tetap semasa pengukuran dibuat. Koordinat pilar 15 didapatkan daripada pengukuran statik relatif antara pilar BC10 dan pilar 15. Dua penerima Ashtech jenis dual frekuensi dan satu penerima Topcon jenis frekuensi tunggal telah digunakan dalam ujian padang ini. Dua alat penerima GPS didirisiapkan di pilar BC10 dan pilar 15 sebagai 'base' dan satu lagi dijadikan 'rover' untuk melawat ke pilar-pilar lain (lihat Rajah 2). Pengukuran statik relatif antara pilar BC10 dan pilar 15 dijalankan selama 90 minit dengan sela epok 20 saat. Sebanyak enam satelit telah dijejak dan nilai GDOP adalah kurang daripada tiga.

Seperti ujian kinematik fasa I, proses 'initialization' dengan kaedah saling tukar antena dijalankan di atas pilar BC10 dan pilar 1. Untuk setiap pilar, cerapan dibuat selama 2 minit dengan bilangan epok sama dengan ujian fasa I diatas. Pengukuran kinematik diakhiri dengan menduduki semula pilar 1 dan melakukan sekali lagi proses 'initialization' dengan kaedah saling tukar antena. Pemprosesan data dijalankan dengan perisian Ashtech GPPS. Nilai koordinat pilar 15 dihitung terlebih dahulu dengan menggunakan stesen tetap BC10 semasa melakukan pemprosesan statik. Nilai koordinat pilar BC10 dan pilar 15 kemudian dimasukkan ke file kinematik sebagai koordinat stesen tetap untuk pemprosesan kinematik selanjutnya. Seterusnya pelarasan jaringan dilakukan menggunakan perisian GEOLAB. Koordinat pilar-pilar yang diperolehi daripada pemprosesan dilakukan transformasi koordinat sapertimana yang telah dijelaskan dalam ujian fasa I.

Pengukuran terrestrial secara radiasi dengan alat Geodimeter 400 dilakukan ke atas pilar-pilar tersebut daripada pilar BC10 dan pilar 15. Koordinat setiap pilar kemudiannya dihitung dengan mempuratakan nilai koordinat yang dirujuk ke pilar BC10 dan pilar 15. Hasil hitungan koordinat setiap pilar didalam sistem Cassini Soldner ditunjukkan dalam Jadual 2.

BALAI CERAP GPS TEST NETWORK: KINEMATIC TEST#2



Rajah 2 : Gambaran Jaringan Cerapan Kinematik Ujian Fasa II

PILAR	KAEDAH TERRESTRIAL		KAEDAH KINEMATIK		SELISIH KOORDINAT	
	U(+) / S(-) (meter)	T(+) / B(-) (meter)	U(+) / S(-) (meter)	T(+) / B(-) (meter)	(cm)	(cm)
BC10			-52267.144	9301.223		
1	-52268.219	9303.891	-52268.213	9303.902	0.6	-1.1
2	-52265.546	9304.960	-52265.528	9304.970	1.8	-1.0
3	-52262.852	9306.035	-52262.833	9306.043	1.9	-0.8
4	-52260.167	9307.118	-52260.146	9307.127	2.0	-1.0
5	-52257.193	9308.282	-52257.178	9308.291	1.6	-0.8
6	-52256.118	9305.622	-52256.101	9305.625	1.6	-0.4
7	-52259.109	9304.420	-52259.083	9304.431	2.6	-1.1
8	-52261.795	9303.337	-52261.770	9303.344	2.5	-0.7
9	-52264.483	9302.278	-52264.453	9302.286	3.0	-0.9
11	-52266.081	9298.537	-52266.059	9298.523	2.2	1.4
12	-52263.405	9299.608	-52263.376	9299.606	2.9	0.3
13	-52260.719	9300.673	-52260.690	9300.681	2.9	-0.8
14	-52258.032	9301.742	-52258.001	9301.748	3.1	-0.6
15			-52255.032	9302.928		
NILAI MAKSIMA					3.1	1.4
NILAI MINIMA					0.6	0.3
NILAI RMS					2.3	0.9

Jadual 2 : Hasil Perbandingan Cerapan Terrestrial dengan Cerapan Kinematik Ujian Padang Fasa II

### 3.1 Analisis dan Ulasan Ujian Padang Fasa II

Berdasarkan pada hasil perbandingan yang ditunjukkan dalam Jadual 2, ketepatan yang diberikan oleh kaedah kinematik teknik dua stesen tetap berbanding dengan kaedah terrestrial adalah juga dalam lingkungan sentimeter. Nilai maksimumnya adalah 3.1 cm dalam arah U-S dan 1.4 cm dalam arah T-B serta nilai minimanya adalah 0.6 cm dalam arah U-S dan 0.3 cm dalam arah T-B. Nilai rms yang diberikan dalam arah U-S adalah 2.3 cm dan 0.9 cm untuk arah T-B.

	UJIAN FASA I		UJIAN FASA II	
	U/S (cm)	T/B (cm)	U/S (cm)	T/B (cm)
NILAI MAK	3.6	3.9	3.1	1.4
NILAI MIN.	0.7	0.2	0.6	0.3
NILAI RMS	2.6	2.8	2.3	0.9

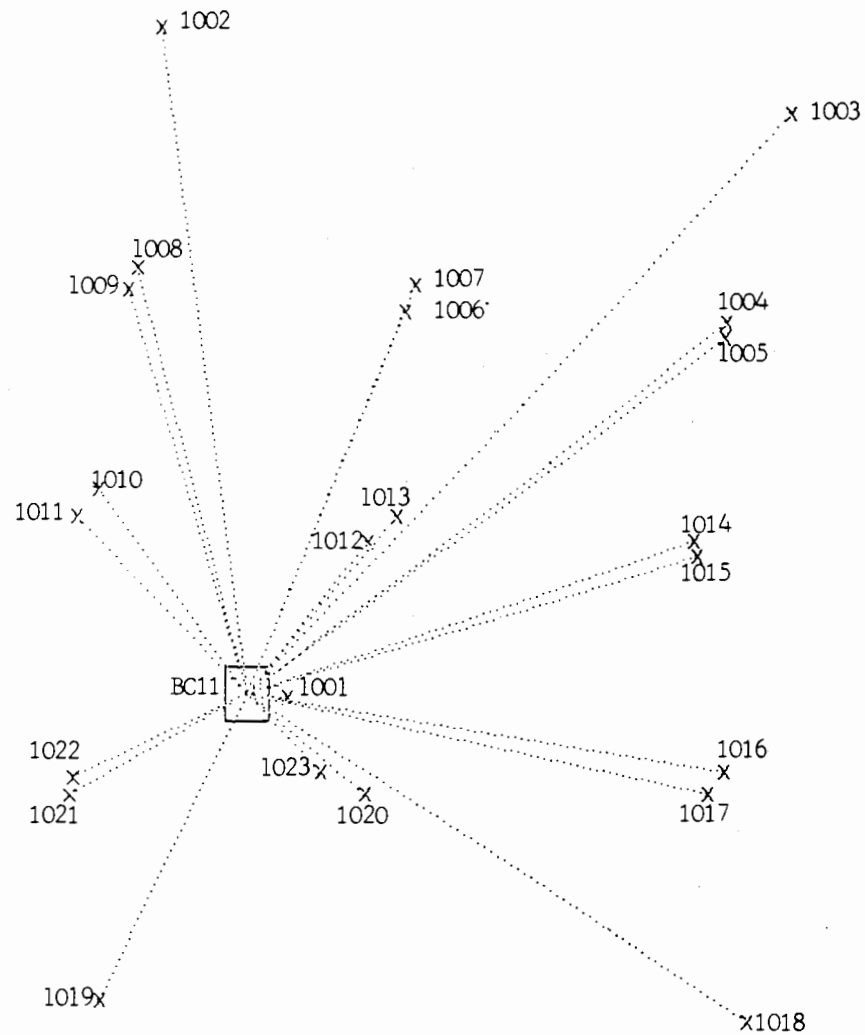
Jadual 3 : Hasil Perbandingan Nilai Maksima, Nilai Minima dan Nilai RMS Untuk Ujian Padang Fasa I & II

Selain itu, dengan merujuk kepada Jadual 3 dapat ditunjukkan di sini bahawa pengukuran kinematik dengan dua stesen tetap adalah mempunyai nilai rms yang lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai rms pengukuran kinematik dengan satu stesen tetap. Berdasarkan keputusan ini, dapat dikatakan bahawa teknik pengukuran dengan dua stesen tetap adalah lebih tinggi kejituanannya jika dibandingkan dengan teknik pengukuran satu stesen tetap. Ini adalah kerana teknik pengukuran dua stesen membolehkan data cerapan berlebihan dilakukan dan seterusnya pelarasan jaringan dapat dilakukan untuk mendapatkan hasil nilai koordinat yang lebih tepat. Walau bagaimanapun, teknik pengukuran kinematik dengan dua stesen tetap memerlukan tiga penerima di mana jangkaan kos yang lebih tinggi diperlukan. Justeru itu, pertimbangan antara faktor kejituan dan faktor kos perlu ditentukan sebelum sesuatu kerja pengukuran kinematik dijalankan.

#### 4.0 UJIAN PADANG FASA III

Dalam ujian padang fasa III ini, satu bidang tanah (mengandungi 4 lot) yang berukuran 120 m x 60 m di Bandar Sri Alam, Johor Bahru telah dipilih dan sebanyak 23 titik telah ditentukurkan di atas lot tanah ini (lihat Rajah 3). Satu stesen tetap BC11 telah ditubuhkan di lot tanah tersebut sebelum kerja penentududukan kinematik dijalankan. Stesen tetap BC11 ditubuhkan supaya teknik pengukuran kinematik satu stesen tetap dapat dilakukan. Stesen tetap ini ditubuhkan dengan pengukuran statik relatif antara stesen BC11 dengan pilar BC10 yang berada di Balai Cerap UTM. Dua penerima Ashtech dan satu penerima Topcon jenis dual frekuensi digunakan. Apabila siap pengukuran statik relatif untuk penubuhan stesen tetap BC11, penerima Ashtech di pilar BC10 ditutup dan penerima Ashtech di BC11 pula dijadikan 'base' sementara penerima Topcon dijadikan 'rover' untuk pengukuran kinematik yang selanjutnya. Ketinggian antena diukur dan dicatatkan pada setiap pencerapan dilakukan. Nilai ketinggian ini kemudiannya dimasukkan dalam pemprosesan data untuk mendapatkan ketinggian elipsoid titik-titik yang ditentukan.

Jaringan yang dibentuk dengan kaedah kinematik GPS ini dilaraskan menggunakan perisian GEOLAB dan diikuti dengan proses transformasi koordinat. Ketinggian elipsoid ( $h$ ) untuk setiap titik pengukuran yang dihasilkan dari pemprosesan data kemudiannya digunakan untuk proses perhitungan ketinggian ortometrik ( $H$ ) setiap titik. Ketinggian ortometrik (145.19 m) di pilar BC 10 dirujukkan sebagai stesen kawalan ketinggian dalam perhitungan ketinggian ortometrik di titik-titik ukur. Nilai-nilai ketinggian geoid ( $N$ ) diperolehi dengan melakukan 'bilinear interpolation' dari data model geoid global OSU91A. Kaedah hitungan beza tinggi ortometrik menggunakan beza tinggi elipsoid dan beza tinggi geoid ( $\delta H = \delta h - \delta N$ ) ditunjukkan dalam Jadual 4. Satu plotan topografi dengan sela kontor 0.2 meter dalam sistem koordinat Cassini Soldner untuk kawasan kajian telah dihasilkan (lihat Rajah 4).



Rajah 3 : Gambaran Kedudukan Titik-Titik di Lot Tanah Bandar Sri Alam

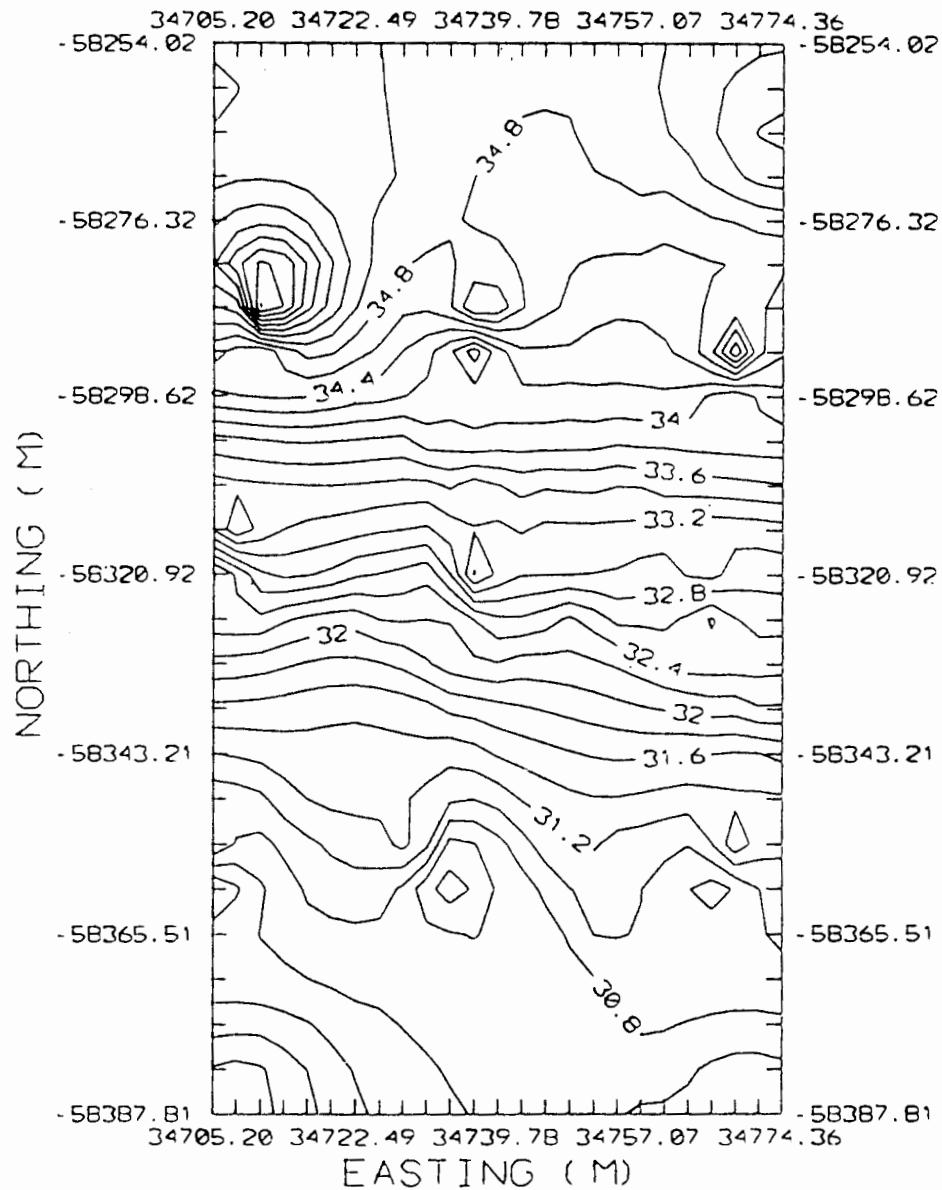


Analisis Kaedah Kinematik GPS Dalam Penentududukan

STESEN / TITIK	KETINGGIAN ELIPSOID h (m)	KETINGGIAN GEOID N (m)	BEZA TINGGI ELIPSOID $\delta h$ (m)	BEZA TINGGI GEOID $\delta N$ (m)	KETINGGIAN ORTOMETRIK H (m)
BC 10	152.339	7.351			145.19
BC 11	39.559	8.437	-112.78	1.086	31.324
1001	39.577	8.437	0.018	0	31.342
1002	43.274	8.436	3.715	-0.001	35.040
1003	43.687	8.438	4.128	0.001	35.451
1004	43.764	8.438	4.205	0.001	35.528
1005	41.514	8.438	1.955	0.001	33.278
1006	41.891	8.437	2.332	0	33.656
1007	43.616	8.437	4.057	0	35.381
1008	45.719	8.436	6.160	-0.001	37.485
1009	41.883	8.436	2.324	-0.001	33.649
1010	41.847	8.436	2.288	-0.001	33.613
1011	40.323	8.436	0.764	-0.001	32.089
1012	40.205	8.437	0.646	0	31.970
1013	41.803	8.437	2.244	0	33.568
1014	41.562	8.439	2.003	0.002	33.325
1015	40.423	8.439	0.864	0.002	32.186
1016	39.814	8.439	0.255	0.002	31.577
1017	38.720	8.439	-0.839	0.002	30.483
1018	38.662	8.440	-0.897	0.003	30.424
1019	38.124	8.437	-1.435	0	29.889
1020	38.341	8.438	-1.218	0.001	30.105
1021	38.166	8.437	-1.393	0	29.931
1022	39.309	8.437	-0.250	0	31.074
1023	39.523	8.438	-0.036	0.001	31.287

Jadual 4 : Hitungan Ketinggian Ortometrik Titik-Titik Ukur Ujian Fasa III

## DTM GENERATED FROM KINEMATIC GPS SURVEY



Rajah 4 : Gambaran DTM Lot Tanah Ukur Di Bandar Sri Alam

#### 4.1 Analisis dan Ulasan Ujian Padang Fasa III

Hasil kajian di atas telah memberikan satu kesimpulan bahawa kaedah kinematik juga sesuai digunakan untuk pembentukan DTM. Kaedah kinematik menjimatkan masa pengukuran malah kaedah ini dapat memberikan penentududukan 3D secara serentak. Penentududukan ke atas 23 titik ukur di dalam ujian fasa III hanya memerlukan masa pengukuran tidak melebihi 2 jam di mana ini amat berbeza dengan kaedah pengukuran statik.

Dalam ujian ini, perubahan nilai beza ketinggian geoid yang didapati untuk titik-titik ukur adalah amat kecil iaitu dalam lingkungan milimeter sahaja. Justeru itu, nilai beza ketinggian geoid boleh diabaikan semasa perhitungan ketinggian ortometrik untuk setiap titik ukur sekiranya kawasan yang diukur adalah tidak luas (dalam lingkungan 1km x 1km). Dengan kata lain, nilai beza tinggi elipsoid boleh digunakan secara terus untuk mengira ketinggian ortometrik sekiranya ketepatan yang dikehendaki adalah dalam lingkungan sentimeter.

Walau bagaimanapun, ketepatan pengukuran ketinggian GPS amat bergantung kepada ketinggian elipsoid yang diukur serta ketinggian geoid yang digunakan. Lazimnya ketepatan ketinggian dari pengukuran GPS adalah 2-3 kali kurang daripada ketepatan mendatar. Walaupun begitu, ketepatan ketinggian ortometrik bagi kawasan kajian ujian fasa III adalah dijangka dalam lingkungan sentimeter.

#### 5.0 KESIMPULAN DAN CADANGAN

Penggunaan kaedah kinematik GPS dalam penentududukan merupakan satu teknik pengukuran yang agak baru di negara kita. Justeru itu, pengguna GPS memerlukan garis-panduan yang dapat memberikan penjelasan terhadap teknik pengukuran, spesifikasi-spesifikasi pengukuran serta ketepatan pengukuran kinematik. Melalui kajian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahawa:

- Kaedah kinematik GPS adalah lebih menjimatkan masa pengukuran jika dibandingkan dengan kaedah statik GPS.
- Kaedah kinematik GPS dapat memberikan kejituan dalam lingkungan sentimeter jika dibandingkan dengan kaedah terrestrial.
- Kaedah kinematik amat dipengaruhi oleh kesan gelinciran kitar, di mana kesan ini akan memutuskan perjalanan pengukuran. Oleh sebab itu, kaedah ini hanya sesuai digunakan di kawasan yang lapang, iaitu tanpa halangan pandangan satelit GPS.
- Kaedah kinematik yang menggunakan teknik dua stesen tetap memberikan kejituan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kaedah kinematik teknik satu stesen tetap.
- Ketepatan kaedah kinematik adalah kurang jitu jika dibandingkan dengan kaedah statik relatif yang berkejituan milimeter.
- Pembentukan DTM dengan kaedah kinematik adalah sesuai digunakan tetapi ketinggian ortometrik yang dihitung bergantung kepada ketinggian geoid yang digunakan. Untuk kawasan yang tidak luas, ketinggian geoid adalah kecil dan boleh diabaikan.
- Kaedah kinematik sesuai digunakan untuk kerja penentududukan yang berketepatan sentimeter seperti penubuhan titik kawalan fotogrametri, ukur kejuruteraan, ukur laluan paip atau letrik dan ukur topografi; masalah halangan pandangan ke satelit-satelit GPS adalah dianggap minima.

Beberapa cadangan untuk kajian yang selanjutnya adalah seperti berikut :

- Menguji ketepatan kaedah kinematik dengan menggunakan teknik-teknik pengukuran kinematik yang lain seperti 'two base two rover'.
- Mengkaji samada faktor masa cerapan memberikan pengaruh yang nyata ke atas ketepatan pengukuran kinematik.

- Menjalankan pengukuran kinematik dengan kaedah 'initialization' yang selain daripada antenna swap untuk melihat ketepatan yang dihasilkan.
- Mengkaji ketepatan dan prosidur pengukuran kinematik dengan penerima dan perisian generasi baru seperti penerima Ashtech Z-12 dan perisian PNAV.
- Mengkaji lebih lagi kemungkinan aplikasi kaedah kinematik dalam kerja-kerja ukur tempatan.

### Penghargaan

Kami ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Prof. Madya Ghazali Desa kerana telah memberikan beberapa cadangan dan komentar didalam proses penulisan kertas kerja ini. Juga kami ingin mengucapkan terima kasih kepada En. Hassan Ithnin dari makmal CGGS kerana telah membantu didalam kerja-kerja lapangan cerapan kinematik GPS.

### RUJUKAN

- ASHTECH, "Ashtech XII GPPS Receiver Operating Manual", Ashtech Inc., 1989.
- ASHTECH, "Ashtech XII GPPS Post Processing System Manual", Ashtech Inc., 1989.
- Goad C. C., "Kinematic Survey of Clinton Lake Dam", Journal of Survey Engineering, Vol.115, No.1, 67-77, 1988.
- Goh J., "GPS Surveying With The Kinematic And Pseudo-Kinematic Methods", University Technology Malaysia, Malaysia, 1992.
- Lapine L. A., "Practical Photogrammetric Control by Kinematic GPS", GPS World, May/June 1990, 44-49, 1990.
- Leick, A., GPS Satellite Surveying, John Wiley and Sons, NewYork, 1990.
- Remondi B. W., "Recent Advances In Pseudo-Kinematic GPS", Proceedings of the Second International Symposium in Precise Positioning with GPS, Canada, 1985.
- Rizos C., "GPS Overview". GPS Seminar, Hotel Concorde, Kuala Lumpur, 22-24 June, 1993.
- Tan C. K. F. and D.A. Jericho, "Kinematic Stop-and-Go GPS Using The Trimble 4000 SLD", New Zealand Surveyor, Vol.XXXIII, No.278, 1991.
- Vanicek P., "Hiking And Biking With GPS : The Canadian Perspective", Proceedings of The International GPS-Workshop, Darmstadt, 1988.
- Wellenhof, B.H. and B. W. Remondi "The Antenna Exchange : One Aspect of High-Precision GPS Kinematic Survey", Proceeding of the Second International Symposium in Precise Positioning with GPS, Canada, 1990.
- Wellenhof B.H., H. Lichtenegger and J. Collins, Global Positioning System: Theory and Practice, Springer Verlag Wien, 1992.
- Wells et. al., Guide To GPS Positioning, Canadian GPS Associates, 1987.
- Wilkie C., "A Line In The Sand : Kinematic Survey Across The Arabian Peninsula", GPS World, May/June 1993.



**Dr. Abd. Majid A. Kadir**

Dr. Abd. Majid A. Kadir adalah Prof. Madya di Panel Ukur GPS dan Geodesi. Beliau juga adalah Pengarah Center for Geodetic and Geodynamic Studies, Fakulti Ukur dan Harta Tanah, UTM. Dr. Abd. Majid mendapat ijazah Ph.D daripada Finnish Geodetic Institute, University of Helsinki, Finland di dalam bidang gravimetric Geodesy.

Dr. Abd. Majid telah banyak menghasilkan kertas kerja di dalam bidang Ukur GPS.